

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Mulai tahap persiapan hingga tahap analisis, penelitian dilaksanakan berdasarkan sumber yang berkaitan dengan topik yang dipilih, yaitu penelitian tentang *slag* yang difungsikan menjadi pengganti agregat halus dan kasar pada beton. Prosedur pelaksanaan penelitian ini diasumsikan sama dengan prosedur penelitian pada beton normal, karena belum ada aturan atau pedoman khusus yang mengacu pada penggunaan *slag* sebagai agregat pada beton.

Materi yang dibahas yaitu :

- Teori tentang beton
- Material pada beton
- Limbah padat (*slag*)
- Perencanaan pencampuran beton (*mix design*)
- Penelitian sejenis yang pernah dilakukan.

2.2. Teori Tentang Beton

Beton didefinisikan sebagai suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip-batuan¹⁸. Agregat sendiri adalah material granular seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan material lain yang bisa menggantikan agregat alam yang persentasenya antara 60-75% dari volume beton¹. Dalam penelitian ini digunakan limbah baja (*slag*) sebagai substitusi agregat alam.

Beton lebih kuat menahan tekan daripada tarik, nilai kekuatan tekan dari beton pada penelitian ini diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder (diameter 100 mm, tinggi 200 mm) yang dibebani dengan gaya tekan sampai benda uji hancur¹².

Nilai kuat tarik beton sangat kecil, berkisar antara 10% - 15% dari nilai kuat tekannya. Sehingga untuk menambah kuat tarik beton dapat dilakukan dengan diberi tulangan yang mampu menahan gaya tarik.

2.2.1. Kuat Tekan Beton

Beton yang baik adalah jika beton tersebut memiliki kuat tekan tinggi, nilai susut kecil, kepadatan tinggi, ekonomis, tahan api, dll ²⁵.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton, yaitu :

1. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama didalam penentuan kekuatan beton ²¹. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai faktor air semen rendah akan memiliki kepadatan yang lebih tinggi dan kuat tekan serta masa pakai yang lebih lama ³¹.

2. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur dapat dilihat pada ¹².

3. Jenis dan jumlah semen

Jenis semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton, sesuai dengan tujuan penggunaannya ⁵.

4. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan gradasi beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar ²¹.

Dalam pengujian kuat tekan beton, digunakan silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20. Sehingga perhitungan kuat tekannya menurut *ASTM C 42-90* adalah sama dengan silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30, karena mempunyai perbandingan h/d yang sama, yaitu 2,00.

Tabel 2.1. Standard Correction Factors for Strength of Cylinders with Different Ratios of Height to Diameter

Height to Diameter Ratio (h/d)	Strength Correction Factor ASTM C 42-90
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

2.2.2. Kuat Tarik Beton

Kekuatan tarik beton adalah sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak didalam struktur. Kekuatan tarik dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder (*the split cylinder*) dimana silinder ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm diberikan beban tegak lurus terhadap sumbu longitudinalnya dengan silinder ditempatkan secara horizontal diatas pelat mesin percobaan. Benda uji akan terbelah dua pada saat dicapainya kekuatan tarik ²¹.

2.2.3 Workabilitas

Workabilitas merupakan salah satu parameter pengerjaan beton dalam pencampuran, pengangkutan, penuangan, dan pematatannya. Suatu adukan dapat dikatakan cukup *workable* jika memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. *Plasticity*, artinya adukan beton harus cukup plastis (kondisi antara cair dan padat), sehingga dapat dikerjakan dengan mudah tanpa perlu usaha tambahan ataupun terjadi perubahan bentuk pada adukan.
- b. *Cohesiveness*, artinya adukan beton harus mempunyai gaya-gaya kohesi yang cukup sehingga adukan masih saling melekat selama proses pengerjaan beton.
- c. *Fluidity*, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk mengalir selama proses penuangan.
- d. *Mobility*, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk bergerak / berpindah tempat tanpa terjadi perubahan bentuk.

Parameter pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan.

2.3. Material

Material penyusun pada beton dengan campuran limbah padat (*slag*) ini mempunyai karakteristik yang berbeda bila digunakan sebagai bahan adukan dalam beton. Maka perlu diketahui sifat dan karakteristik masing-masing material penyusun agar dalam pelaksanaan mencapai mutu yang diinginkan.

2.3.1 Semen Portland (PC)

Portland cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen berfungsi membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut.

Sifat - sifat semen yaitu :

1. Sifat Kimia Semen ⁵,
2. Sifat Fisik Semen ⁵,

yaitu :

- a. Berat jenis semen

- b. Konsistensi normal semen
- c. Pengikatan awal semen

Keterangan lengkap mengenai cara pengujian fisik semen termasuk alat-bahan yang digunakan dapat dilihat di lampiran.

2.3.2. Agregat

Agregat adalah material granular, seperti pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat semen untuk membentuk beton³. Pengaruh kekuatan agregat terhadap beton begitu besar, karena umumnya kekuatan agregat lebih besar dari kekuatan pasta semennya.

Agregat digolongkan menjadi 2 kelompok, yaitu:

- Agregat halus¹⁵.
- Agregat kasar⁷.

Pengujian agregat bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dari agregat itu sendiri. Terdiri atas beberapa pengujian diantaranya :

A. Berat Jenis Agregat

- Berat Jenis Agregat Halus¹⁰.
- Berat Jenis Agregat Kasar⁹.

B. Analisa Saringan Agregat⁸.

- Analisa Saringan Agregat Halus
- Analisa Saringan Agregat Kasar

C. Kadar Air Agregat Halus & Kasar¹¹.

D. Berat Isi Agregat Halus & Kasar¹³.

E. Kandungan Lumpur & Zat Organik Yang Terkandung Dalam Agregat Halus

- Percobaan Kandungan Lumpur dengan Cara Kocokan
- Percobaan Kandungan Lumpur dengan Cara Cucian
- Percobaan Kandungan Zat Organik .

Prosedur pengujian dan alat-bahan yang digunakan dapat dilihat di lampiran. Untuk pengujian material limbah baja (*slag*) dilakukan dengan proses dan tahapan yang sama dengan proses pengujian agregat alam di atas. Setelah

dilakukan pengujian agregat, maka agregat tersebut kemudian dianalisa terhadap syarat-syarat agregat yang telah ditentukan.

2.3.3. Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan ¹⁴.

2.4. Limbah Padat (*slag*)

Slag adalah limbah padat dari proses peleburan baja. *Slag* dihasilkan selama proses pemisahan cairan baja dari bahan pengotornya pada tungku-tungku baja. Pada peleburan baja, bijih besi atau besi bekas dicairkan dengan kombinasi batu gamping, dolomite atau kapur. Pembuatan baja dimulai dengan penghilangan ion-ion pengotor baja, diantaranya aluminium, silikon, dan phosphor. Ion-ion tersebut dapat menyebabkan baja menjadi tidak keras dan rapuh atau sulit untuk dibentuk menjadi lembaran – lembaran baja . Untuk penghilangan ion pengotor tersebut diperlukan kalsium yang terdapat pada batu kapur. Campuran kalsium dan aluminium, silika dan phosphor membentuk *slag*. *Slag* mengambang pada permukaan cairan baja, kemudian dibuang. *Slag* terbentuk pada suhu 1580 °C, berbentuk tidak beraturan dan mengeras ketika dingin. *Slag* juga mengandung logam berat yang tinggi. (Sumber : PT. Inti General Yaja Steel, Semarang).

2.4.1. Kegunaan Limbah Padat (*slag*)

Dilihat dari bentuk fisiknya, slag menyerupai agregat alam yang digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton. Selain itu, jumlah slag yang semakin hari semakin menumpuk juga menimbulkan permasalahan lingkungan. Sehingga tidak salah apabila slag mulai digunakan sebagai material alternative pembuatan jalan, pondasi, produksi semen, stabilisasi tanah, pertanian, media pengolahan air limbah, dan sebagainya. Hal ini membuktikan bahwa *slag* dapat dimanfaatkan kembali dengan tetap memperhatikan lingkungan.

2.4.2. Karakteristik Limbah Padat (*slag*)

Karakteristik dari Limbah Padat (*slag*) meliputi karakteristik fisik, dimana secara fisik *slag* lebih kaku dan keras dibandingkan agregat kasar alam. Tetapi *Slag* mempunyai butiran partikel berpori pada permukaannya.

2.5. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design* Beton)

Perencanaan campuran beton (*concrete mix design*) dimaksudkan untuk mendapatkan beton dengan mutu sebaik-baiknya yaitu kuat tekan yang tinggi dan mudah dikerjakan. Adapun untuk perencanaan campuran beton pada penelitian ini digunakan cara *DOE*. Langkah-langkah dalam perhitungan perencanaan beton dengan metode *DOE* dapat dilihat pada lampiran.

2.6. Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan

Beberapa penelitian sejenis yang pernah dilakukan yaitu :

1. Percobaan Beton dengan Menggunakan Limbah Industri Baja sebagai Substitusi Agregat Kasar (Koko Heru dkk, 2006) ¹⁷
 - Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui baik dan tidaknya *steel slag* sebagai campuran beton dan untuk mengetahui kadar optimum *steel slag* agar diperoleh campuran beton yang paling baik serta untuk meningkatkan *Economic value* dari *steel slag*.
 - Variasi kadar *steel slag* yang dipakai sebagai pengganti kerikil yaitu 0%, 20%, dan 40% .
 - Penelitian ini menggunakan benda uji silinder diameter 15 dan tinggi 30 cm dengan mutu $f'c$ 35 Mpa pada umur 28 hari.
 - Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur untuk setiap variasi (0%, 20%, dan 40%) membentuk pola yang identik.

2. Penelitian Pemanfaatan Limbah Padat (*Slag*) sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Beton (Vena RSP dkk, 2006) ³⁰

- Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pemanfaatan *slag* sebagai agregat kasar pada beton.
- Variasi pemakaian *slag* yaitu 60%, 80% ,100%
- Penelitian ini menggunakan benda uji silinder diameter 15 dan tinggi 30 cm dengan mutu $f'c$ 35 Mpa pada umur 28 hari.
- Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan yaitu :
 - a. Terjadi penurunan kuat tekan pada variasi 20%, 40%, 60% dan mencapai nilai kuat tekan optimum pada variasi 100% sebesar 38,44 MPa.
 - b. Terjadi penurunan kuat tarik pada variasi 40%, 80% dan mencapai kuat tarik optimum pada variasi 100% sebesar 3,4 MPa.
 - c. Berat dan berat jenis beton berbanding lurus terhadap prosentase *slag*.
 - d. Pola nilai *slump* belum dapat ditentukan karena faktor suhu, kadar air dan absorpsi agregat serta faktor teknis.

3. Pemanfaatan Slag Limbah Baja untuk Campuran Beton

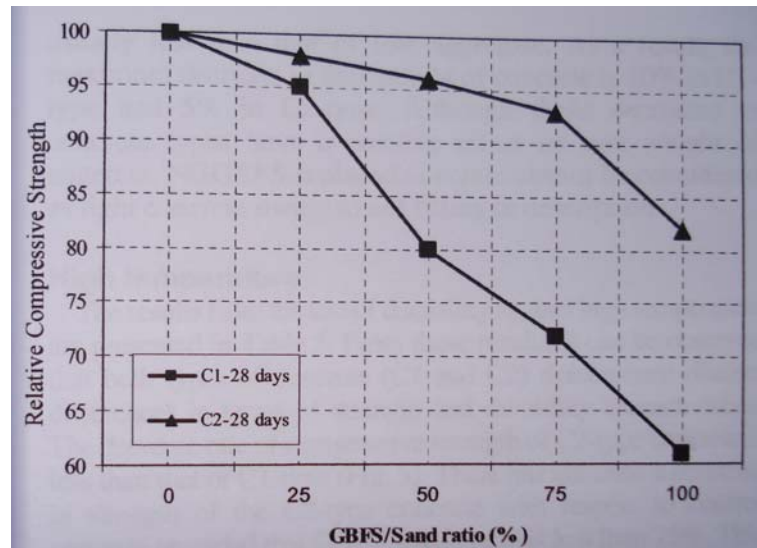
(Shofianto dkk, 2007) ²⁷

- Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui besarnya kuat tekan, kuat tarik, workabilitas, dan *air content* pada beton yang menggunakan slag limbah baja sebagai pengganti agregat kasar.
- Variasi mutu beton yang digunakan adalah 20 MPa, 30 MPa, dan 40 MPa.
- Penelitian dilakukandengan mengganti agregat kasar dengan 100 % *slag* limbah baja dan menggunakan benda uji berupa silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 28 hari.
- Dari hasil penelitian tersebut diperoleh kesimpulan sebagai berikut :
 - a. Kuat tekan beton mengalami paningkatan sebagai fungsi dari kenaikan mutu beton.

- b. Kenaikan mutu beton cenderung tidak mempengaruhi kuat tarik beton pada beton *slag*.
 - c. *Slag* sebagai pengganti agregat kasar mengubah perilaku hubungan antara kuat tekan dengan kuat tarik pada beton.
 - d. Pemakaian *slag* sebagai agregat kasar memberikan kenaikan berat pada beton.
4. Penggunaan Butiran *Slag* Tanur Tinggi sebagai Agregat Halus dalam Pembuatan Beton (Isa Yuksel cs, 2006) ¹⁵
- Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pemanfaatan butiran *slag* tanur tinggi sebagai agregat halus dalam pembuatan beton.
 - Sampel beton terdiri dari dua tipe dengan variasi beton masing-masing grup 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.
 - Tipe pertama (C1) menggunakan gradasi pasir 0-7 mm sebagai agregat halus.
 - Tipe kedua (C2) menggunakan gradasi pasir 0-3 mm dan 0-7 mm sebagai agregat halus.
 - Karakteristik beton meliputi kuat tekan, kuat tarik, dan daya tahan terhadap temperatur dibandingkan antara dua tipe tersebut.
 - Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 28, dan 360 hari, sedangkan pengujian kuat tarik hanya dilakukan pada umur beton 28 hari.
 - Isa Yuksel berpendapat bahwa gradasi *slag* halus yang lebih kasar dari pada agregat alam, mengakibatkan beton yang dihasilkan cenderung memiliki struktur yang berpori dibandingkan beton normal. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan dengan penambahan dan atau penggunaan pasir yang lebih halus dari pada *slag* halus, sehingga diharapkan pasir yang lebih halus tersebut dapat mengisi pori-pori yang ada pada beton dan beton menjadi padat serta kekuatannya dapat meningkat. Penelitian yang dilakukan Isa Yuksel menggunakan 2 campuran agregat halus. Tipe C1 menggunakan agregat halus ukuran 0-7

mm. Tipe C2 menggunakan agregat halus ukuran 0-3 mm dan 0-7 mm. *Slag* halus digunakan sebagai pengganti agregat alam ukuran 0-7 mm.

- Hasil penelitian tersebut secara keseluruhan dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



Grafik 2.1. Hasil Penelitian Isa Yuksel cs, 2006 ¹⁶

- Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan yaitu :
 - a. Hasil untuk C1 yang semakin tinggi kadar butiran *slag*nya, beton yang dihasilkan semakin porous dan kuat tekannya juga menurun.
 - b. Untuk C2 hasil kuat tekan dan daya tahannya lebih bagus daripada C1, tetapi secara keseluruhan mengalami penurunan dibandingkan beton normal.
 - c. Butiran *slag* tanur tinggi bisa digunakan sebagai pengganti agregat halus dalam kondisi tertentu.